中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(3): 23～33 (2000)

外來種源與台南白自交系F_1雜種後裔之產量雜種優勢及其鮮食用之潛能[1]

謝光照[2]　曾富生[3]

摘要：爲瞭解台南白自交系與外來種源自交系間之F_1雜種其產量潛能之表現，以台中地區之台南白自交系(TNW A)與7個外來種源自交系間之F_1雜種及自然授粉之台南白族群爲對照種，分別於1995年春(3月28日)、夏(5月8日)、秋(9月4日)及冬季裡作(10月26日)於農試所試驗田進行試驗。結果顯示台南白自交系與外來自交系種源之F_1雜種後裔，如TNWA × CML98、TNWA × CML93及TNWA × CML76等其產量在四個不同期作環境下均表現較台南白族群高產，同時也具有較大之雜種優勢，顯示外來種源在產量的改良上有應用價值，但鮮食用品質仍有待進一步調查。

關鍵詞：台南白、玉米、外來種源、F_1雜種、雜種優勢。

前　言

自從玉米雜種優勢現象爲育種家發現以來，不同種源間之雜種優勢被廣泛研究。美國玉米帶之種源起源於美國北方硬粒種(northern flint) 及南方馬齒種(southern dent)之混交選拔。1930年代美國最重要的二個玉米基本育種族群之育成，一爲硬粒種的Lancaster surecrop，一爲馬齒種的Iowa stiff synthetic(BSSS)奠定了美國雜交玉米發展的基礎。由此二基礎族群分離而來的自交系及其雜交種組合具有最高的雜種優勢。其後Wellhausen[22, 23]在墨西哥及中南美洲，有系統地檢定出適合熱帶及亞熱帶地區栽培的優良小種複合群(racial complexes)，計有四個，即Tuxpeno、Cuban flint(CF)、Coastal tropical flint(CTF)及ETO。其中Tuxpeno爲純熱帶型馬齒種，CF爲純熱帶型硬粒種，CTF爲半硬粒種，ETO爲混合種。CF及CTF合稱爲加勒比海區硬粒種(Caribbean flint)。Tuxpeno與其餘三個小種複合群間之雜交組合所表現之雜種優勢最高。隨後 Goodman[8]也指出了熱帶地區十個雜種優勢之型式。另外，地區環境的不同，尙有適合不同生態環境的雜種優勢模式存在[2, 3, 4, 5, 7, 15, 16, 17, 19]。

一般熱帶型種源對逆境、病及蟲害等具有良好之抗性。引進外來種源之目的在於：(1)擴大種源間遺傳歧異度，增加雜種優勢之表現[20]；(2)作爲病、蟲及逆境抗性之基因來源[9]；(3)引進增加產量之有利基因，使產量增加[14]。Holley and Goodman[10]指出由熱帶種源分離之自交系，在溫帶地區，其農藝性狀之表現一般較差，但其與溫帶種源間之測交種，幾乎都具有良好的產量表現。顯然溫帶種源與熱帶源間相互雜交是有利的。Azar *et al.*[1]改良北美大湖區印地安人種植的白胚乳粉質玉米(white floury

---

1. 行政院農委會農業試驗所研究報告第2033號。
2. 本所農藝系副研究員。
3. 中興大學農藝學系教授。

maize)，結果顯示外來種源會增加其籽粒產量及減少倒伏之發生，但失去了粉質胚乳之特性。而有關引入外來種源與台南白自交系雜交之F_1雜種有何種表現，尚未有報告可供參考。

本試驗之目的，在於評估外來種源與台南白雜交之F_1雜種產量之表現，作爲外來種源當鮮食用白玉米育種材料之參考。

材料與方法

本試驗所使用材料，計有下列8個自交系，其名稱、起源、粒型及特性詳列於表1。

表1. 本試驗所使用材料之名稱、起源、粒型及特性

Table 1. Background of inbred lines used in this experiment

Inbred or population	Origin	Kernel type	Characters
Exotic inbred			
CML76	TL89A-1477-7	Flint	Intermediate 、 high GCA
CML84	TL90B-6364-42	Flint	Intermediate 、 high GCA Resistance to lodging
CML93	TL91-1451-77	Flint	Intermediate 、 high GCA Resistance to *Turcicum*
CML98	TL88B-6463-15	Dent	Intermediate 、 high GCA
CML104	TL88A-1427-77	Dent	Intermediate 、 high GCA
SK160-1	Sliver King derivative	Dent	Intermediate 、 tall plant, large kernel 、 Sensitive to *Turcicum*
IP123-1	IPTT42 derivative	Flint	Intermediate 、 medium kernel
Native inbred			
TNW A	TNW Taichung population derivative	Dent	Intermediate 、 large kernel
Native population			
TNW	Pooled 8 population for check	Dent	Intermediate 、 large kernel

台南白台中族群選育之自交系[18]與七個外來種源自交系雜交之F_1雜種，及全省不同地區等量種子混合而成之台南白族群(對照種)爲材料，於1995年春(3月28日)、夏(5月9日)、秋(9月4日)及冬季裡作(10月26日)在農試所試驗田進行試驗。田間試驗採逢機完全區集設計(RCBD)，四重複，小區行長6m，三行區，行株距爲80 × 30cm。公頃三要素肥料量爲N：P_2O_5：K_2O = 200：90：60kg。基肥以台肥39號複合肥料 (N：P_2O_5：K_2O = 12：18：12)500kg/ha施用，即氮素60公斤及磷、鉀肥全量於施基肥時一次施用，其餘氮素140kg則待玉米長至齊膝期以硫酸銨(N = 21%)當追肥施用，再進行培土。田間管理之工作，如除草、中耕、培土、病蟲害防治及灌溉，依實際需要進行之。

生育期間調查各農藝性狀，包括開花期、吐絲期、株高、穗位高、果穗鮮重(乳熟期)、穗徑、穗長、行數、每行籽粒數、果穗乾重(生理成熟期)、籽粒乾重、籽粒深度、百粒重及百粒體積。各項農藝性狀之調查方法如下：

(1)開花期(days to tasseling)：係指由播種日起至小區中50% 植株達雄穗開花所需之日數。

(2)吐絲期(days to silking)：係指由播種日起至小區中50% 植株達雌穗開始吐絲所需之日數。

(3)株高(plant height)：每小區逢機10株，於植株雄穗開花後，由地面至雄穗穗頸節之平均高度，以cm

表示。

(4)穗位高(ear height)：每小區逢機10株，於雌穗吐絲後，由地表至最上位雌穗著生節位之平均高度，以cm表示。

(5)果穗鮮重(ear fresh weight)：春、夏、秋及冬季裡作分別於授粉後21、18、27及32天（乳熟期）每小區逢機採收5穗，剝掉苞葉後鮮果穗之平均重量，以g/ear表示。

(6)穗徑(ear diameter)：上述乳熟期之5逢機果穗，剝掉苞葉後，果穗中間部位寬度之平均直徑，以mm表示。

(7)穗長(ear length)：上述乳熟期之5逢機鮮果穗，量其整穗長度之平均值，以cm表示。

(8)行數(row number)：乳熟期採收之5逢機果穗，調查每穗行數後所得之平均籽粒行數。

(9)單行籽粒數(kernel number)：於乳熟期採收之5個逢機果穗，每穗逢機選取果穗上之一行，數其籽粒數之平均值，以No./row表示。

(10)果穗乾重(ear dry weight)：達生理成熟期之5逢機果穗，以70℃之烘乾機烘7天，待回溫至常溫下，稱其果穗乾重，以g/5 plant表示。

(11)籽粒乾重(grain dry weight)：達生理成熟期之烘乾果穗，脫粒後籽粒（15.5%水分）之重量，以g/5 plant表示。

(12)籽粒深度(kernel depth)：達生理成熟期之烘乾果穗脫粒後，每小區取10粒量其深度之平均值，以mm表示。

(13)百粒重(100-kernel weight)：達生理成熟期烘乾之5個果穗籽粒，逢機取100粒，秤其重量，以g表示。

(14)百粒體積(100-kernel volume)：上述烘乾之5逢機果穗之籽粒，逢機取100粒，利用排水法，以100ml之量筒，加上40ml水後，再倒入100粒種子，震動排出種子表面氣泡後，記錄其上升之體積，以ml表示。

四期作資料先進行個別期作之變方分析後，檢定期作間機差均方是否為均質，再進行綜合之變方分析，然後進行平均值顯著性比較。

結　果

本試驗所使用自交系材料，有CML76、CML84、CML93、CML98、CML104、SK160-1、IP123-1及TNW A，其詳細背景資料如表1所列。其中TNW A係分離自台中地區台南白族群；SK160-1係由Sliver King品種自交分離而來；IP123-1係由IPTT42分離而來；而CML76、CML84、CML93、CML98與CML104係由CIMMYT引入之自交系，屬中熟、具有高的一般組合力。各期作變方分析之均方值列於表2。春作環境下，基因型間除了吐絲期未有差異外，其餘性狀則均達極顯著差異；夏作環境下，所有性狀在基因間均達極顯著差異；秋作環境下，除了吐絲期、果穗鮮重、穗長及百粒體積未達顯著差異外，其餘性狀均達顯著差異；冬季裡作環境下，除了吐絲期及籽粒深度未有顯著差異外，其餘性狀均達極顯著差異。期作間機差均方均質性檢定，顯示開花期、穗徑及行數為均質外，其餘非均質之性狀再進行綜合之變方分析，四期作合併之變方分析(表3)，顯示期作間、基因型間均達極顯著差異；而期作×基因型之交感作用，除百粒體積未達顯著外，其餘皆達極顯著。

四個期作相比較(表4)，顯示以春作之開花期及吐絲期所需日數最長，其餘期作間則無明顯差異。株高與穗位高之表現以春作及秋作較高，株高分別為207與217cm，穗位高分別為100與103cm；而夏作與冬季裡作則較矮，株高分別為160與178cm，穗位高分別為69與71cm。果穗鮮重之表現呈現冬季裡作(260)與秋作(236)＞春作(138)與夏作(90)。穗徑也呈現冬季裡作與秋作＞春作與夏作。穗長之表現，冬季裡作(19.5)與秋作(18.1)＞春作(15.5)與夏作(12.2)。行數之表現，在四個期作間無顯著差

表2. 四個不同期作下，產量及其它農藝性狀變方分析之均方值

Table 2. Mean squares of the analysis of variance for yield and other agronomic characters of exotic and TNW F_1 hybrids evaluated at four crop seasons of 1995

Seasons	Source	DF	Days to tasseling	Days to silking	Plant height	Ear height	Ear fresh weight	Ear diameter	Ear length
Spring	Block	3	0.94	5.08	73	12	1579	7.12	0.54
	Genotypes	7	10.60**	5.42	2083**	1436**	4679**	18.33*	10.33**
	Error	21	1.56	3.55	177	63	886	6.52	2.18
Summer	Block	3	5.04*	19.36**	518**	28	1699	32.11*	5.03
	Genotypes	7	15.26**	30.03**	1184**	503**	8486**	108.20**	29.13**
	Error	21	1.09	2.60	105	54	617	7.18	2.85
Fall	Block	3	9.87*	4.41	842**	288	724	3.50	3.97
	Genotypes	7	8.76*	5.42	767**	570**	2944	14.28**	4.12
	Error	21	3.08	5.15	171	117	1667	3.38	2.82
Winter	Block	3	5.03	25.36**	555*	144	639	19.10*	0.04
	Genotypes	7	4.31**	9.99	2278**	804**	4702**	20.12**	6.46**
	Error	21	1.76	4.19	141	108	803	5.69	0.98

(Continue Table 2)

Seasons	Source	DF	Number of kernel row	Kernel number per row	Ear dry weight	Grain dry weight	Kernel depth	100-kernel weight	100-kernel volume
Spring	Block	3	0.58	51.4**	233	195	0.36	5.29	4.00
	Genotypes	7	3.07**	97.3**	4544**	3644**	1.77**	22.98**	24.42**
	Error	21	0.39	9.9	737	521	0.41	7.73	4.30
Summer	Block	3	0.69	74.4*	1433	976	1.83*	8.96	3.08
	Genotypes	7	5.38**	99.9**	2571**	1627**	7.59**	70.29**	36.07**
	Error	21	0.65	23.2	562	379	0.54	14.70	6.65
Fall	Block	3	1.09	23.5	676	435	0.02	19.01	4.17
	Genotypes	7	5.68**	56.7*	4281**	3371**	1.02*	46.09**	20.21
	Error	21	0.55	15.9	1019	794	0.29	6.92	11.50
Winter	Block	3	0.25	10.9	1202	1399*	0.44*	10.66	21.79
	Genotypes	7	3.00**	37.8**	3051**	2178**	0.55	40.44**	31.26**
	Error	21	0.46	6.7	650	454	0.29	7.52	7.12

*, ** Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

表3. 四期作合併變方分析之產量及其它農藝性狀之均方值

Table 3. Mean squares of the combined analysis of variance for yield and other agronomic characters across four crop seasons

Source	DF	Days to silking	Plant height	Ear height	Ear fresh weight	Ear length
Season (S)	3	522.0**	22334**	11603**	20914**	318.9**
Block/seasons	12	13.0	497	118	116	2.3
Genotypes (G)	7	21.1**	5225**	2664**	1006**	19.7**
S × G	21	9.9**	363**	216**	358**	10.1**
Error	84	3.8	148	85	99	2.2

(Continue Table 3)

Source	DF	Kernel number per row	Ear dry weight	Grain dry weight	Kernel depth	100-kernel weight	100-kernel volume
Season (S)	3	1967**	28367**	2250**	101.21**	3540**	2137**
Block/seasons	12	40	88	7	0.66	11	8
Genotypes (G)	7	147**	765**	64**	6.39**	134**	89**
S × G	21	48**	226**	14**	1.51**	15**	7
Error	84	14	74	5	0.38	9	7

** Significant at 0.01 probability level.

表4. 四個不同期作之產量及其它農藝性狀平均值

Table 4. Means of yield and other agronomic characters of four crop seasons evaluated at Wufeng of 1995

Crop seasons	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
Spring	59.5	63.2	207	100	138	42.4	15.5
Summer	54.2	58.0	160	69	90	37.9	12.2
Fall	51.9	53.9	217	103	236	48.6	18.1
Winter	52.3	55.8	178	71	260	49.6	19.5
$LSD_{0.05}$	3.4	5.5	3.4	16	52	6.0	2.3

(Continue Table 4)

Crop seasons	Number of kernel row (row/ear)	Kernel number per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
Spring	10.6	25.1	377	376	9.8	28.2	24.3
Summer	9.8	15.7	181	127	8.4	22.1	20.4
Fall	10.7	32.0	728	692	12.1	39.8	32.6
Winter	10.2	32.5	815	795	11.9	45.1	38.5
$LSD_{0.05}$	1.2	9.7	144	133	1.2	5.3	4.3

異。秋作與冬季裡作具有較多之單行籽粒數，分別爲32及33.5粒，其次爲春作的25.1粒，夏作最小僅15.7而已。果穗乾重與籽粒乾重之表現，呈現冬季裡作與秋作較大，但彼此間則無差異存在，其次爲春作，表現最低產者爲夏作。籽粒深度以秋作及冬季裡作較大，達11.9～12.1mm，其次爲春作的9.8mm，最小者爲夏作的8.4mm。百粒重及百粒體積，以冬季裡作及秋作較大，其次爲春作，最小者爲夏作。綜合各性狀的表現，顯示由CIMMYT等外來種源與台南白之 F_1 雜種，在台灣不同栽培期作環境下，以秋作及冬季裡作較能發揮其產量潛能。

外來種源與台中台南白自交系(TNW A)之 F_1 雜種，在春作生長環境下(表5)，顯示TNW A × CML98與TNW A × CML76由於具有較大之穗徑、穗長、籽粒深度、百粒重及較多之行數及單行籽粒數，故其果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重呈現較大；而以TNW A × CML84表現最低產。

外來種源與台南白之 F_1 雜種與台南白族群比較，呈現開花及吐絲期較早，株高及穗位高較矮；果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重則表現相近；穗徑大於台南白；穗長、單行籽粒數、籽粒深度、百粒重及百粒體積一般則較台南白小，行數較台南白多。

在夏作生長環境下，外來種源與台南白自交系之 F_1 雜種的表現(表6)，以TNW A × CML76具有較大之穗長、單行籽粒數，故其果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重均最大。其行數爲10行左右，且開花期及吐絲期均較早。其餘 F_1 雜種之果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重則均小於對照種台南白；同時其開花及吐絲期均較台南白早，株高及穗位高均較台南白低；穗長、穗徑、單行籽粒數及籽粒深度、百粒重及百粒體積則較台南白小；行數一般比台南白多；由上面可看出在夏作環境下，除了TNW A × CML76表現較佳外，其餘 F_1 雜種表現均不如對照種台南白族群。

在秋作環境下，外來種源與台南白之 F_1 雜種中(表7)，以TNW A × CML93之果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重等均表現最大，其次爲TNWA × CML104，均具有較粗的穗徑、較長的穗長、較多之行數與單行籽粒數。較高產之 F_1 雜種與台南白比較，其開花及吐絲較台南白晚2-3天，株高、穗位高、穗長、單行籽粒數、籽粒深度、百粒重及百粒體積則與台南白相近；果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重則較台南白高產。

表5. 春作環境下，台南白與外來種源間之F_1雜種的產量及其它性狀之平均值

Table 5. Means of yield and other agronomic characters of hybrids obtained from exotic and adapted lines, evaluated at spring of 1995

Genotypes	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
TNW A × CML76	56.3	61.0	200	86	167	43.0	16.3
TNW A × CML84	58.5	62.8	183	83	88	39.3	13.8
TNW A × CML93	59.8	63.5	201	109	163	43.3	16.8
TNW A × CML98	60.5	63.5	224	110	179	46.3	15.8
TNW A × CML104	59.8	63.8	198	99	135	41.8	15.0
TNW A × SK160-1	61.0	64.8	215	116	138	42.8	15.5
TNW A × IP123-1	58.8	62.5	184	86	89	42.3	12.8
TNW (ck)	61.2	64.3	251	139	148	40.0	17.7
$LSD_{0.05}$	1.8	2.8	19	12	43	3.7	2.2

(Continue Table 5)

Genotypes	Number of kernel row (row/ear)	Kernel number per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
TNW A × CML76	10.5	28.3	471	391	9.7	26.4	22.5
TNW A × CML84	10.8	16.5	232	171	8.5	23.7	20.5
TNW A × CML93	11.5	26.3	465	376	10.0	28.6	23.5
TNW A × CML98	11.5	28.5	515	428	10.7	28.7	25.0
TNW A × CML104	10.3	22.8	319	250	10.4	28.2	25.5
TNW A × SK160-1	10.8	25.5	331	268	10.0	28.9	25.8
TNW A × IP123-1	11.0	21.0	256	195	9.5	28.6	23.5
TNW (ck)	8.7	32.2	429	347	9.9	32.2	28.7
$LSD_{0.05}$	0.9	4.6	126	106	0.9	4.0	3.0

表6. 夏作環境下，台南白與外來種源間之F_1雜種的產量及其它性狀之平均值

Table 6. Means of yield and agronomic characters of hybrids obtained from exotic and adapted lines, evaluated at summer of 1995

Genotypes	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
TNW A × CML76	51.5	54.3	163	69	174	38.5	15.6
TNW A × CML84	55.3	59.8	143	61	16	26.3	7.1
TNW A × CML93	53.5	56.8	157	76	83	37.3	12.9
TNW A × CML98	52.5	55.3	179	72	93	39.5	12.8
TNW A × CML104	53.8	58.3	150	57	63	37.0	10.0
TNW A × SK160-1	54.8	59.0	153	74	90	44.0	12.6
TNW A × IP123-1	54.3	57.5	144	53	72	40.3	11.9
TNW (ck)	58.0	63.0	191	87	125	40.5	15.0
$LSD_{0.05}$	1.5	2.4	15	11	36	3.9	2.8

(Continue Table 6)

Genotypes	Number of kernel row (row/ear)	Kernel number per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
TNW A × CML76	9.8	19.8	304	233	8.4	23.8	19.5
TNW A × CML84	10.0	6.0	28	14	5.1	14.1	14.8
TNW A × CML93	10.3	15.8	190	113	8.6	18.1	18.3
TNW A × CML98	10.5	18.0	189	133	9.1	22.9	20.3
TNW A × CML104	9.5	20.2	154	110	8.8	22.1	21.5
TNW A × SK160-1	11.3	15.0	185	120	8.8	23.6	21.5
TNW A × IP123-1	10.8	14.3	150	108	9.1	25.4	22.5
TNW (ck)	8.2	23.0	249	186	9.3	27.2	24.8
$LSD_{0.05}$	1.1	7.1	110	90	1.0	5.6	3.8

表7. 秋作環境下，台南白與外來種源間之F_1雜種的產量及其它性狀之平均值

Table 7. Means of yield and other agronomic characters of hybrids obtained from exotic and adapted lines, evaluated at fall of 1995

Genotypes	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
TNW A × CML76	53.0	53.5	204	89	246	48.2	18.8
TNW A × CML84	51.8	54.5	203	97	203	48.8	16.7
TNW A × CML93	52.0	54.0	228	116	291	50.0	19.6
TNW A × CML98	52.0	54.0	235	108	253	50.3	18.1
TNW A × CML104	52.5	54.0	219	98	225	47.2	17.4
TNW A × SK160-1	52.5	55.0	227	118	232	49.5	17.4
TNW A × IP123-1	53.0	54.8	196	86	223	50.2	18.0
TNW (ck)	48.5	51.3	222	108	218	44.8	19.0
$LSD_{0.05}$	2.5	3.3	19	16	60	2.7	2.4

(Continue Table 7)

Genotypes	Number of kernel row (row/ear)	Kernel number per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
TNW A × CML76	11.1	27.7	674	612	11.8	39.6	31.5
TNW A × CML84	11.5	33.2	653	542	11.4	32.2	28.5
TNW A × CML93	12.0	36.7	943	821	12.4	41.0	31.5
TNW A × CML98	11.4	33.1	765	664	12.8	40.0	31.5
TNW A × CML104	10.4	26.9	801	669	12.6	42.8	34.5
TNW A × SK160-1	10.8	31.4	683	600	12.5	38.6	34.5
TNW A × IP123-1	10.6	29.7	674	554	11.8	42.8	35.0
TNW (ck)	8.0	37.0	635	557	12.0	41.4	34.0
$LSD_{0.05}$	1.1	5.8	148	131	0.8	3.9	4.9

在冬季裡作環境下，以TNW A與CML76、84、93、98及SK160-1之F_1雜種(表8)，其果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重等表現較佳，係由於穗徑、穗長、行數及單穗籽粒數較多所致。較高產之F_1雜種與台南白比較，其開花期及吐絲期相近；株高及穗位高則較台南白矮；果穗鮮重、穗徑、穗長、行數、單行籽粒數、果穗乾重、籽粒乾重則較台南白大。TNW A × CML76及TNW A × CML93百粒重及百粒體積則呈現小於對照種台南白，而TNW A × CML98的籽粒深度、百粒重及百粒體積則與對照種台南白相近。由上述可看出在冬季裡作環境裏，七個外來種源與台南白之F_1雜種中，即有六個產量表現優於對照種台南白，顯示在較低溫之環境下較有利於其雜種優勢之表現，而充分發揮其產量潛能。

四個期作之平均值列於表9，顯示外來種源與台南白之F_1雜種中，則以TNW A × CML76、TNW A × CML93及TNW A × CML98之果穗鮮重、果穗乾重與籽粒乾重表現較佳，其增產幅度在15.9～22.5%之間，顯然所使用的七個外來種源自交系之中，有部分表現出優異之雜種優勢，將來可應用於台南白產量育種之改良上。

討 論

由CIMMYT引進之種源(CML76、CML84、CML93、CML98及CML104)、外來族群自交分離之自交系(SK160-1、IP123-1)與台中台南白自交系 TNW A之F_1雜種，在不同期作間，其基因型×期作之交感作用，除了百粒體積外，其餘均有顯著差異存在。四個期作之平均值相比較，顯示期作間性狀的表現有很大差異。開花期與吐絲期以春作最長，係由於春作玉米幼苗期正值低溫，不利於營養生長，

表8. 冬季裡作環境下，台南白與外來種源間之F_1雜種的產量及其它性狀之平均值

Table 8. Means of yield and other agronomic characters of hybrids obtained from exotic and adapted lines, evaluated at winter of 1995

Genotypes	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
TNW A × CML76	50.2	52.3	158	62	249	47.3	18.4
TNW A × CML84	51.3	55.5	156	57	270	50.8	19.9
TNW A × CML93	52.8	56.8	195	75	290	51.8	20.2
TNW A × CML98	52.8	56.0	180	70	296	49.5	20.5
TNW A × CML104	52.8	56.8	175	70	267	49.0	20.9
TNW A × SK160-1	53.5	57.5	186	80	289	51.8	20.2
TNW A × IP123-1	52.8	56.0	149	54	225	51.0	17.5
TNW (ck)	52.3	56.0	221	101	200	45.5	18.2
$LSD_{0.05}$	2.0	3.0	17	15	41	3.5	1.5

(Continue Table 8)

Genotypes	Number of kernel row (row/ear)	Kernel number per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
TNW A × CML76	10.8	29.8	810	721	12.1	43.8	35.5
TNW A × CML84	10.8	33.0	834	688	11.7	40.0	35.5
TNW A × CML93	11.0	36.3	923	762	11.5	41.8	35.5
TNW A × CML98	10.3	36.0	899	761	12.3	46.6	39.0
TNW A × CML104	10.3	33.3	877	737	12.2	45.7	41.5
TNW A × SK160-1	10.0	33.5	793	667	12.3	48.0	42.0
TNW A × IP123-1	9.8	27.3	680	549	11.4	49.8	41.0
TNW (ck)	8.2	30.8	706	599	11.7	45.0	38.5
$LSD_{0.05}$	1.0	3.8	119	99	0.8	4.0	3.9

表9. 四期作平均之台南白與外來種源間之F_1雜種的產量及其它性狀之平均值

Table 9. Means of yield and other agronomic characters of hybrids obtained from exotic and adapted lines, evaluated at four crop seasons of 1995

Genotypes	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
TNW A × CML76	52.1	55.3	181	76	209	44.3	16.7
TNW A × CML84	54.2	58.2	171	74	144	41.3	14.4
TNW A × CML93	54.4	57.3	209	91	204	46.9	16.7
TNW A × CML98	54.5	57.6	191	93	208	45.0	17.4
TNW A × CML104	54.7	58.2	185	81	172	43.7	15.9
TNW A × SK160-1	55.4	59.0	195	97	187	47.0	16.5
TNW A × IP123-1	54.7	57.7	168	70	152	45.9	15.0
TNW (ck)	55.0	58.6	221	108	173	42.6	17.5
$LSD_{0.05}$	0.9	1.4	8.5	6.5	22	1.6	1.0

(Continue Table 9)

Genotypes	Number of kernel row (row/ear)	Kernel number per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
TNW A × CML76	10.5	26.5	565	489	10.5	33.4	27.3
TNW A × CML84	10.8	22.2	437	353	9.1	27.5	24.8
TNW A × CML93	11.2	28.7	631	517	10.6	23.4	27.2
TNW A × CML98	10.9	28.9	592	496	11.2	34.5	28.9
TNW A × CML104	10.1	24.0	537	442	11.0	34.7	30.8
TNW A × SK160-1	10.7	26.3	498	414	10.9	34.8	30.9
TNW A × IP123-1	10.5	22.7	440	352	10.4	36.6	30.5
TNW (ck)	8.3	30.6	505	422	10.7	36.4	31.5
$LSD_{0.05}$	0.5	2.6	60	51	0.4	2.1	1.9

故其開花及吐絲呈現較其它三個期作長。果穗鮮重、乾果穗重及籽粒乾重等產量之表現，呈現冬季裡作與秋作＞春作與夏作。可能係由於秋作及冬季裡作籽粒充實期間，正值較低溫期，致使籽粒充實期增長及開花後有較高比例的乾物質累積在籽粒，故籽粒產量表現較大；春作營養期正值低溫，而生殖期則處於高溫及長日照，可能由於供源充足但籽粒充實期短，不利於乾物質累積於籽粒，故表現低於秋作及冬季裡作；夏作，營養生長期及生殖生長期均處於高溫且雨水多，不利於植株生長，又加速葉片老化，故籽粒產量表現極差[11, 12, 13]。上述結果顯示這些外來種源與台南白之 F_1 雜種在秋作及冬季裡作較春作及夏作環境可充分發揮其產量潛能。

外來種源與台南白 F_1 雜種中，春作以TNW A × CML98及TNW A × CML76兩者具有較大之穗徑、穗長、籽粒深度、百粒重等，故其產量表現較佳。夏作則以TNW A × CML76表現較高之產量，同時也具有較大之穗長及穗徑、單行籽粒數也較多。在秋作環境下，以TNW A × CML93表現較高產。在冬季裡作環境裡，以TNWA × CML76、TNW A × CML84、TNW A × CML93、TNW A × CML98、TNW A × CML104及TNW A × SK160-1等之果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重均表現較高。四個期作平均亦顯示，外來種源與台南白之 F_1 雜種中，以TNW A × CML76、TNW A × CML93及TNW A × CML98三個其產量表現均較對照種台南白高產，其籽粒產量之增加幅度介於15.9～22.5%之間。

由上述結果可看出部分外來種源與台南白之間存在較高雜種優勢，或可用於鮮食用白玉米族群改良增加有利基因，或可直接用於 F_1 雜種之生產[6]。而台南白與外來種源之 F_1 雜種有較高產量之表現，可能係外來種源與台南白遺傳歧異性較大所致。

本研究發現引進熱帶、亞熱帶種源會擴大種源間之遺傳歧異度[20]，且因外來種源帶有台南白所不存在之有利基因，故其 F_1 雜種表現出較優之雜種優勢[14]，但對於熱帶種源自交系具有嚴重之自交弱勢[21]，較弱之莖稈、根系及易倒伏，較高之植株及穗位高，屬磨粉用硬粒胚乳型之白玉米種源[3]且脫水速率較台南白快，因而縮短了採收適期等不利因素存在，應用時更應謹慎選擇材料[8]，才易於將有利之基因應用於台南白育種上。因此利用外來種源於台灣鮮食用白玉米之育種上，除了已知可在產量潛能上發揮外，未來在雜交育種上是否仍保有台南白的特有風味及口感，而爲一般消費者所喜愛，仍有待進一步探討。

引用文獻

1. Azar, C., D. E. Mather, and R. I. Hamilton. 1997. Heterosis and endosperm texture in crosses involving maize landraces of the St. Lawrence-great lakes region of north America. Maydica 42:53-47.
2. Beck, D. L., S. K. Vasal, and J. Crossa. 1990. Heterosis and combining ability of CIMMYT'S tropical early and intermediate maturity maize (*Zea mays* L.) germplasm. Maydica 35:279-285.
3. Cavanaugh, K. J., B. E. Zehr, W. E. Nyquist, B. R. Hamaker, and P. L. Crane. 1995. Response to selection for endosperm hardness and associated changes in agronomic traits after four cycle of recurrent selection in maize. Crop Sci. 35:745-748.
4. Chen, Y. H., C. E. Zhang, Z. B. Peng, X. Z. Liu, and J.X. Jia. 1996. The preliminary study on the heterosis models for Tangsipingtou population × Reid population of corn. Acta Agric. Boreali-Sinica 11(3):20-24.
5. Eduardo, L. B., and J. W. Dudley. 1989. Breeding potential in the USA and Argentina of corn populations containing different proportion of flint × dent germplasm. Crop Sci. 29:570-577.
6. Everett, L. A., T. Eta-Ndu, M. Ndioro, and P. Walker. 1995. Combining ability among source populations for tropical mid-altitude maize inbreds. Maydica 40:165-171.
7. Eyherabide, G. H., and A. S. Gonzalez. 1997. Interactions between testers and Argentina maize landrace. Maydica 43:29-38.
8. Goodman, M. M. 1985. Exotic maize germplasm: Statue, prospects, and remedies. Iowa State J. Res. 59:497-527.
9. Holland, J. B., and M. M. Goodman. 1995. Combining ability of tropical maize accessions with U.S. germplasm. Crop Sci.

35:767-773.

10. Holley, R. N., and M. M. Goodman. 1988. Yield potential of tropical hybrid maize derivatives. Crop Sci. 28:213-218.
11. Hong, M. C., H. Tu, and F. S. Thseng. 1984. Variation of yield formation of maize in spring and fall cropping season. J. Agric. Assoc. China 125:61-70.
12. Hunter, R. B., M. Tollenaar, and C. M. Breuer.1977. Effects of photoperiod and temperature on vegetative and reproductive growth of a maize (*Zea mays* L.) hybrid. Can. J. Plant Sci. 57:1127-1134.
13. Lu, S. W.1985. Source, sink and nutrients partion in relation to the grain yield of maize (*Zea mays* L.) grown in different crop seasons. M.S. thesis. Graduate Institute of Agronomy, National Chung-Hsing University.
14. Michelini, L. A., and A. R. Hallauer. 1993. Evaluation of exotic and adapted maize (*Zea mays* L.) germplasm crosses. Maydica 38:275-282.
15. Ord'as, A. 1991. Heterosis in crosses between American and Spanish population of maize. Crop Sci. 31:931-935.
16. Pollak, L. M., S. Torres-Cardona, and A. Sotomayor-Rios. 1991. Evaluation of heterotic patterns among Caribbean and tropical × temperate maize population. Crop Sci. 31:1480-1483.
17. Revilla, P., and W. F. Tracy. 1997. Heterotic patterns among open-pollinated sweet corn cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(3):319-324.
18. Shieh, G. J., and F. S. Thseng. 1998. Development and evaluation of inbred lines derived from Tainan-white maize population. Jour. Agric. Res. China 47:327-337.
19. Sinobas, J., and I. Monteagudo. 1996. Heterotic patterns among U.S. corn belt and Spanish maize population. Maydica 41:143-148.
20. Uhr, D.V., and M. M. Goodman. 1995. Temperate maize inbreds derived from tropical germplasm: II. Inbred yield trails. Crop Sci. 35:385-390.
21. Vasal, S. K., B.S. Dhillon, G. Srinivasan, S. D. Mclean, J. Crossa, and S.H. Zhang. 1995. Effect of S_3 recurrrent selection in four tropical maize population on their selfed and randomly mated generations. Crop Sci. 35:697-702.
22. Wellhausen, E. J. 1965. Exotic germplasm for improvement of corn belt maize. Proc. 20th Ann. Hybrid Corn 2nd. Res. Conf. PP.31-45.
23. Wellhausen, E. J. 1978. Recent developments in maize breeding in tropics. *In*: Walden, D.B.(ed). Maize Breeding and Genetics pp.59-84. Wiley, New York.

Heterosis and Potential for Green Corn of F_1 Hybrid Among Tainan-white and Exotic Inbred Lines in Maize[1]

Guang-Jauh Shieh[2] and Fu-Sheng Thseng[3]

Summary

The objective of this study is to evaluate the heterosis and yield potential of F_1 hybrids as for green corn among Tainan-white and exotic inbred lines in maize. Seven F_1 hybrids and one open-pollinated Tainan-white (TNW) population (check) used as materials were evaluated in Taiwan Agricultural Research Institute at four crop seasons of 1995. The results showed that some F_1 hybrids among TNW inbred line and exotic inbred lines (as CML98, CML93 and CML76) produced higher yield than that of the open-pollinated TNW population in ear fresh weight and grain dry weight. Heterosis existed among TNW inbred lines and CML76, CML93, CML98. However the eating quality for green corn needs to be further investigated.

Key words : Tainan-white, Maize, Exotic germplasm, F_1 hybrid, Heterosis.

---

1. Contribution No.2033 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Associate Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Professor of Agronomy Department, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.